

### **Capítulo 3**

# **Indicadores de sustentabilidade**

Aderaldo de Souza Silva



Sabe-se que os indicadores de sustentabilidade podem servir de base para uma melhor compreensão do ambiente, da economia e da sociedade de um determinado território objeto do estudo, além de permitir a interação entre estas três dimensões.

Portanto, a ciência física não é a única resposta à obtenção da sustentabilidade no manejo dos recursos naturais, cultural e institucional. É essencial compartilhá-la com as ciências sociais para que a sociedade disponha de informações necessárias para manejar os recursos, disseminar informações de uma maneira politicamente neutra e preparar seus representantes, tomadores de decisão e o público alvo, sobre a construção de um futuro sustentável.

O desenvolvimento sustentável, precisa estar fundamentado em uma visão compreensiva e inclusiva destes sistemas, sendo aberto, dinâmico e integrado. Quando as instituições fazem o planejamento para o desenvolvimento sustentável, elas tomam decisões que mantenham os seus objetivos sociais, econômicos e ambientais, os quais devem ser amparados pelo conhecimento dos cientistas.

Os conhecimentos gerados pelas instituições de pesquisa aumentam o entendimento sobre os sistemas, fornecem dados sobre o seu desempenho atual e identificam os alvos para que se alcance o desempenho desejado. Portanto, o desenvolvimento sustentável é uma área onde é importante o uso de indicadores como ferramentas de avaliação analítica, explanatória, de planejamento, comunicação e desempenho (NRC, 2001). Nesse trabalho é defendido que os indicadores de sustentabilidade somente são efetivos se incorporarem o parâmetro social e se mantiverem os usuários com a informação necessária, de forma que possam entendê-la e relacioná-la (Figura 3.1).

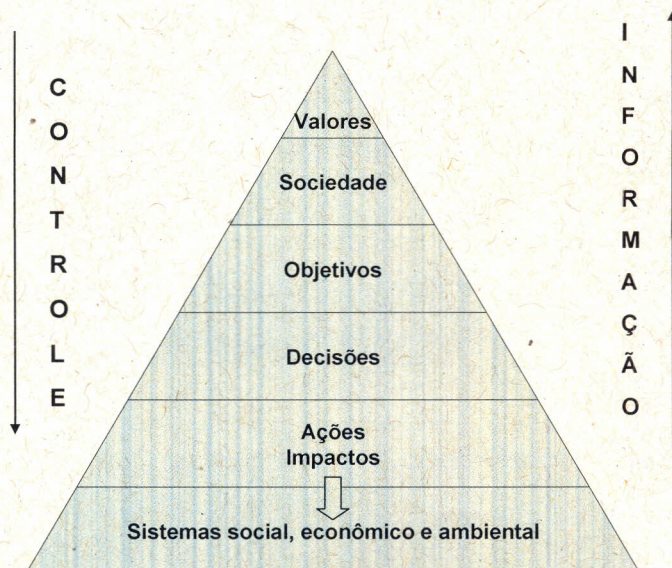


Figura 3.1. Fluxo do controle e da informação. Modelo hierárquico de manejo de recursos (Shields & Mitchell, 1997).



O modelo de controle hierárquico é usado para demonstrar os passos dos valores aos objetivos e às ações e impactos. O modelo de manejo de recursos desenvolvido por Shields & Mitchell (1997) exemplifica o modelo de sistema hierárquico. Ele reflete dois aspectos básicos: 1) os objetivos são reflexos da aplicação contextual do grupo de valores dos indivíduos; 2) os objetivos de manejo somente fazem sentido dentro do contexto do sistema social humano. Consistente com este ponto de vista, os valores são colocados no topo da hierarquia. Esses valores influenciam e são influenciados pela rede cultural, social, institucional e econômica, dentro da qual o indivíduo vive e, por meio do processo hierárquico, torna-se um grupo de valores ordenados.

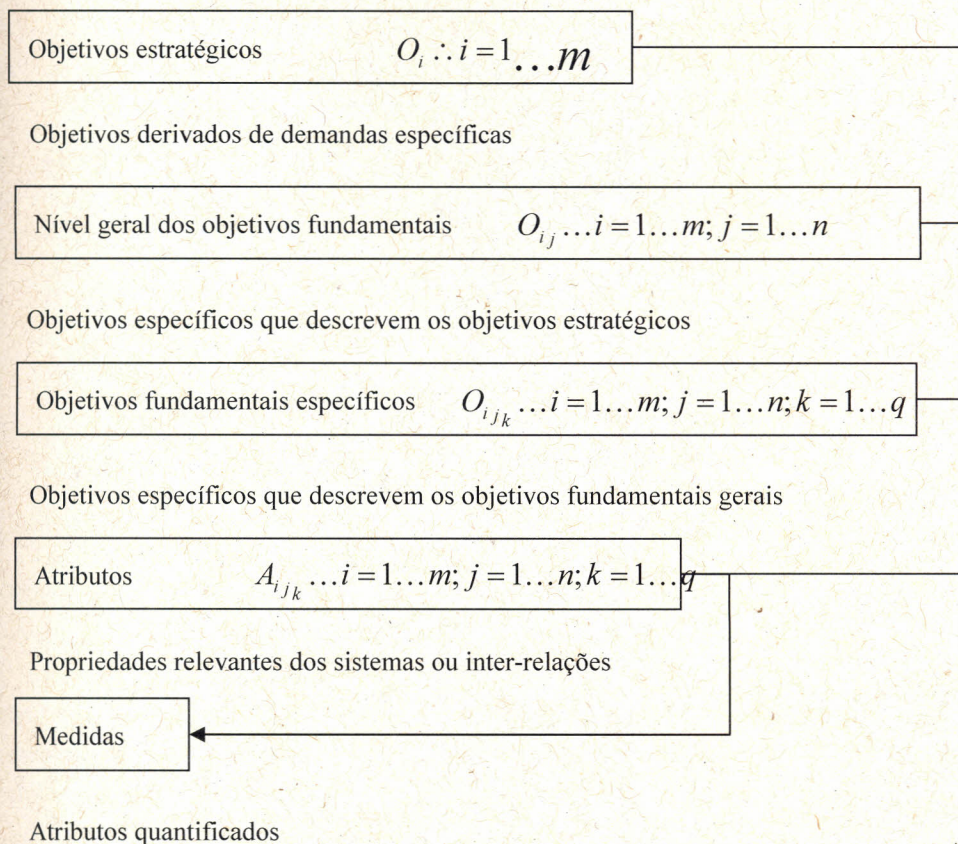
Colocado neste contexto, o grupo de valores é o fator primário que influencia a seleção individual e o ordenamento dos objetivos. Assume-se que, pelo menos em teoria, as decisões e ações são tomadas no sentido de encontrar os objetivos propostos e que as ações têm impactos, que podem ser medidos e identificados, nos sistema social, econômico e ambiental.

Há uma inter-relação ordenada entre os objetivos e medidas. Um objetivo é uma indicação de que há um desejo de encontrar algo e é caracterizado por um contexto (neste caso recursos naturais), um objeto (uma ação alternativa) e uma direção de preferência (Keeney, 1992). As informações nos objetivos podem ser organizadas de duas maneiras: a) como hierarquia do objetivo fundamental, ou b) como uma rede.

A tradicional hierarquia de objetivos fundamentais é uma representação dos objetivos individuais ou grupos de objetivos, em forma de árvore (Caldwell, 1990; Keeney & Raiffa, 1976). Os objetivos estratégicos estão localizados no nível geral (mais alto) e, cada objetivo estratégico é então subdividido em objetivos específicos (de níveis mais baixos), com maior quantidade de detalhes, portanto, facilitando o entendimento dos objetivos que estão no nível geral. Finalmente, são dados atributos para os objetivos específicos, na estrutura da árvore. Um atributo é uma propriedade relevante de um sistema ou uma entidade, ou uma inter-relação relevante dentro ou entre Sistemas (Moon et al., 1998).

Na hierarquia da Figura 3.2, há  $O_i$  (onde  $i=1, \dots, m$ ) objetivos estratégicos. Cada objetivo estratégico é explicado com  $O_{ij}$  ( $j=1, \dots, n$ ) objetivos fundamentais localizados no nível geral. Estes objetivos podem por sua vez ser descritos mais detalhadamente por meio de vários  $O_{ijk}$  ( $k=1, \dots, q$ ), ou seja, objetivos específicos em um nível inferior. Neste arranjo invertido de árvore, os atributos são dados para os pares, isto é, os objetivos do nível inferior ( $A_{ijk}$ ).





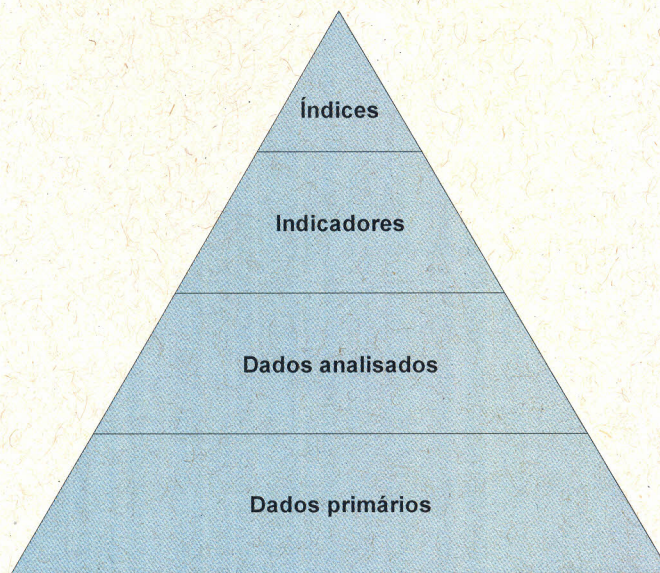
**Figura 3.2. Hierarquia dos objetivos fundamentais**

O grupo de atributos associado com um objetivo específico descreve um importante aspecto deste objetivo. Posteriormente, os atributos podem ser combinados em uma função matemática, algumas vezes chamada de função valor, que quantifica a importância relativa dos vários atributos através dos pesos dados.

A estrutura hierárquica dos objetivos, atributos e medidas é análoga à estrutura hierárquica dos índices. Em ambos os casos, os dados são a base da hierarquia. Estes dados, chamados medidas finais em algumas disciplinas, fornecem informações sobre o status e o funcionamento do sistema. Contudo, os dados primários são as bases para as análises.

O significado dos dados emerge através das análises, portanto, os dados analisados são significativos para o público geral, tomadores de decisão ou mesmo aos próprios cientistas. Assim, quando os dados são condensados, sua utilidade torna-se maior para uma determinada informação, que será repassada aos diferentes agentes de assistência técnica (Emmert, 1996). A redução progressiva dos dados é mostrada na pirâmide seguinte (Figura 3.3) representando a progressão hipotética dos dados analisados, para indicadores e, posteriormente para índices.





**Figura 3.3: Inter-relação entre os dados primários, dados analisados, indicadores e índices (Braat, 1991).**

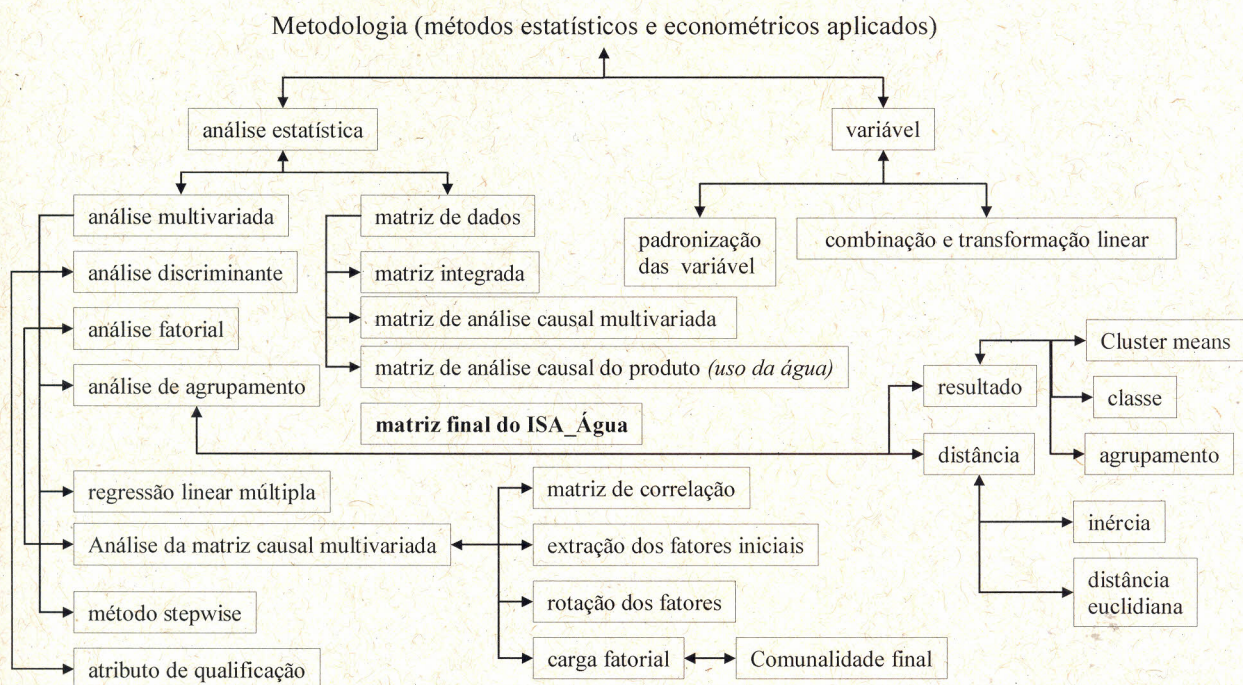
Indicadores efetivos tornam a vasta quantidade de dados analisados em informação relevante e significativa, reduzem a complexidade e trazem clareza para os processos de decisão (Brooks, 1996).

Os indicadores não são necessariamente números, em muitos casos eles podem ser códigos informativos, sinais ou marcas. Geralmente não aumentam nossos entendimentos sobre as atividades em andamento, porém, eles, certamente, são confiáveis para a tomada de decisão ou para o planejamento de ações futuras. São descritores comuns e equivalentes para fenômenos, por exemplo, o “verde” da luz do semáforo ou “elevada” para uma condição socioeconômica.

Os índices também podem ser construídos a partir dos dados analisados por meio da agregação de um grupo de dados de elementos com inter-relações estabelecidas (Prabu et al., 1996). Um índice é simplesmente um indicador de alta ordem, ele é um agregado ou grupo ponderado de indicadores (Khanna, 2000). Os índices predizem ou demonstram o estado de um dado sistema ou fenômeno. Mais importante, índices têm significado por estarem diretamente associados com propriedades medidas (DETR, 1997).

Há necessidade de se adaptar as linguagens formais (matemáticas, estatísticas ou lógicas) para manejar e combinar atributos de todos os processos proeminentes para determinado caso específico, indiferente da variável selecionada para medir o indicador. Para o propósito deste estudo, foram formulados todos os algoritmos relevantes, em função dos estudos realizados por Braga, 2005, os quais se encontram sistematizados e hierarquizados na Figura 3.4, o que não minimiza a importância da complexidade dos processos humanos e ambientais.





Fonte: Braga, 2005 (Tese de Doutorado, USP – “Vocabulário sistemático do subprojeto Ecovale” - [www.ana.gov.br/gefsf](http://www.ana.gov.br/gefsf) - subprojeto 1.4).

**Figura 3.4. Modelo esquemático da metodologia utilizada de integração dos diversos indicadores no processo de construção da sustentabilidade ambiental para a região semi-árida brasileira.**

Ressalta-se que o entendimento profundo e a capacidade para modelar matematicamente os processos envolvidos no desenvolvimento sustentável não podem ser encontrados sem um esforço adequado de pesquisa. Nem sempre é possível desenvolver conhecimentos profundos de muitos e complexos fenômenos. Contudo, necessitam-se informações apropriadas para direcionar as decisões futuras, que é o papel principal dos indicadores, refletidos, preferencialmente, em uma Matriz Causal.

A equipe de pesquisadores do Laboratório de Sustentabilidade Ambiental (LSA) da Embrapa Semi-Árido, por ter participado de trabalhos em parceria com a entidade mencionada, tem incorporado em seus procedimentos de ponderação da Sustentabilidade Ambiental (SA) à análise da cadeia causal, adaptada do GEF, onde introduziu-se para a obtenção dos resultados, tratamento estatístico multidimensionais (análises multivariada), objetivando traçar o caminho das causas-efeito dos problemas significativos de AIA, buscando suas origens ou causas-raízes (construção de novos indicadores) e as correspondentes ações minimizadoras para solucioná-las (sugestões de ações estratégicas mitigadoras).

Dentro do marco conceitual da sustentabilidade ambiental desenvolvido por pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente, pode-se identificar três componentes fundamentais e indissociáveis: a dimensão ecológica, a dimensão econômica e dimensão social. Tais dimensões ou perfis, segundo aqueles pesquisadores, definem e caracterizam os modos de uso e de ocupação do território espaço-temporal pelas comunidades envolvidas. Na prática, sugerem buscar a integração de objetivos conflitantes entre esses componentes, já que os anseios de desenvolvimento dos setores da sociedade são variados e não lineares.



A busca por indicadores de sustentabilidade é intensa e em vários campos do conhecimento, já que são considerados ferramentas precisas e de amplo uso em diferentes âmbitos e estratégias como, por exemplo, na hierarquização da performance de desenvolvimento de países (OECD, 1999, 2000), no manejo e planejamento ambiental de bacias hidrográficas (ARMITAGE, 1995), ou na avaliação da sustentabilidade do manejo das terras na escala de propriedades (SMYTH & DUMANSKI, 1995). A utilização destes indicadores foi consagrada de forma individualizada no International Expert Meeting on Information for Decision: Making and Participation, de 2000, realizado no Canadá (ONU, 2001).

Seguindo-se esta lógica e buscando-se a avaliação do uso sustentável dos recursos hídricos de uma região, os perfis econômico, ecológico e social são tratados de forma integrada e caracterizados individualmente, por grandes temas construídos com as informações provenientes de dados obtidos durante os levantamentos de campo, do tratamento digital das imagens de satélite e da base cartográfica em SIG, além dos dados censitários disponibilizados pela Fundação IBGE.

Como comentado anteriormente, a metodologia do ISA\_ÁGUA (Índice de Sustentabilidade Ambiental do uso da Água) foi desenvolvida inicialmente, pela Embrapa Meio Ambiente para a região do Submédio São Francisco (PROJETO, 2002). Em seguida esta mesma equipe realizou estudo, dirigido a região do Poxim (SE) (PROPOSTA, 2003).

Em síntese, o ISA\_ÁGUA desenvolvido por aquele Centro Temático da Embrapa, representa a descrição real quantitativa e qualitativa de componentes selecionados em cada tema formador dos perfis, definidos como indicadores. As unidades geográficas de análise (municípios) são apresentadas espacialmente de forma hierarquizada, como mapas temáticos sintéticos, após a interação e análise estatística dos indicadores, representando distintos zoneamentos para cada tema considerado ([http://www.cnpma.embrapa.br/download/boletim\\_22.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/download/boletim_22.pdf)).

Para a construção do ISA com seus respectivos mapas temáticos, além da base de dados obtidos das pesquisas em campo, utilizam-se bases de dados cedidas por outras entidades governamentais e não-governamentais. Também é usada as bases da malha municipal digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2000). Desta, extraem-se os limites regionais e municipais, utilizados na seleção dos municípios, cujas comunidades são avaliadas na escala do Brasil ao milionésimo ([www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)).

Também, do IBGE, extraem-se informações referentes a localização: (i) das sedes municipais e de outras localidades; (ii) da rede hidrográfica (rios permanentes e intermitentes, fontes de água perenes e intermitentes) e do sistema viário (rodovias pavimentadas, não pavimentadas e outras estradas); (iii) dos municípios relacionados a área de estudo, e (iv) do limite da região semi-árida, segundo o Zoneamento Agroecológico do Nordeste - ZANE (Embrapa, 2000).

Finalmente, o objetivo da construção de indicadores integralizados por meio de um único índice designado de Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA), o qual é utilizado na gestão de projetos executivos ou no estudo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) de uma tecnologia (produto) específica, é propor sugestões técnicas, utilizando-se uma cadeia causal (*causal chain analysis*), que é uma ferramenta usada pelo GEF (Fundo Mundial para o Meio Ambiente) para definição e delineamento de ações estratégicas de curto, médio e longo prazo.